

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-214744

(43)Date of publication of application : 10.08.2001

(51)Int.Cl.

F02B 23/10

F02D 41/02

F02D 41/34

F02P 15/08

(21)Application number : 2000-032689

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 03.02.2000

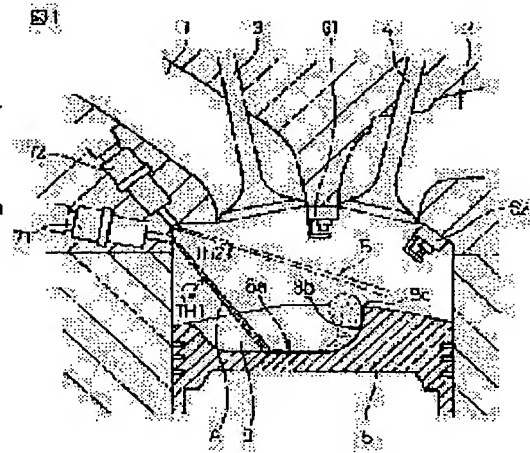
(72)Inventor : KAWACHI MASATO  
OKUMURA TAKESHI  
UEDA TAKANOBU  
NOMURA HIROSHI  
ASANUMA TAKAMITSU

## (54) CYLINDER INJECTION TYPE SPARK IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form a satisfactorily homogeneous air-fuel mixture even when a large quantity of fuel required in homogeneous combustion in a cylinder injection type spark ignition internal combustion engine capable of executing stratified combustion of compression stroke fuel injection and homogeneous combustion of suction stroke fuel injection.

**SOLUTION:** This internal combustion engine comprises a first fuel injection valve 71 and second injection valve 72 arranged on the upper part of a cylinder in order to directly inject fuel into the cylinder as atomized fuel having an extended shape to the tip. The first fuel injection valve has a first injection depression angle TH1 allowing the injection of fuel into a cavity 8 formed on the top surface of a piston in the latter half of compression stroke, and the second fuel injection valve has a second injection depression angle TH2 smaller than the first injection depression angle. The fuel is injected in the latter half of compression stroke by use of the first fuel injection valve in the stratified combustion, the fuel is injected in suction stroke by use of both the first fuel injection valve and the second fuel injection valve when a large quantity of fuel is required in homogeneous combustion, and the first fuel injection valve injects the fuel mainly in the later half of the suction stroke.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-214744

(P2001-214744A)

(43) 公開日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト <sup>*</sup> (参考)
F 0 2 B 23/10		F 0 2 B 23/10	D 3 G 0 1 9
			M 3 G 0 2 3
F 0 2 D 41/02	3 2 5	F 0 2 D 41/02	3 2 5 F 3 G 3 0 1
41/34		41/34	E
			C
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-32689 (P2000-32689)

(22) 出願日 平成12年2月3日 (2000.2.3)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 河内 正人

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 奥村 猛

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外2名)

最終頁に続く

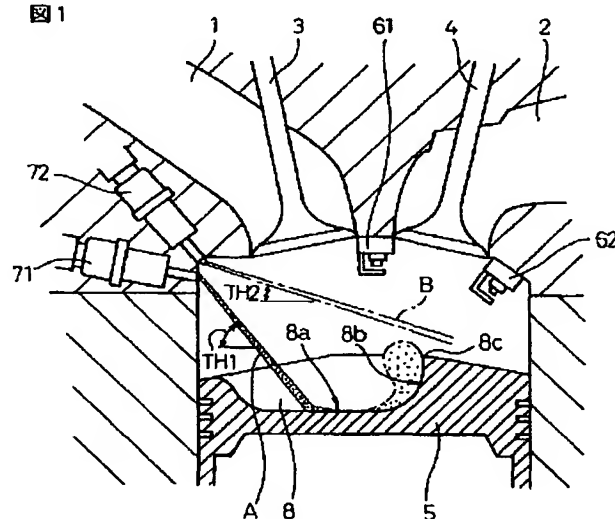
## (54) 【発明の名称】 筒内噴射式火花点火内燃機関

## (57) 【要約】

【課題】 圧縮行程燃料噴射の成層燃焼と、吸気行程燃料噴射の均質燃焼とを実施可能な筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要な場合にも良好な均質混合気の形成を可能とすることである。

【解決手段】 先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射71弁及び第二燃料噴射弁72を具備し、第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ8内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角TH1を有し、第二燃料噴射弁は、第一噴射俯角より小さな第二噴射俯角TH2を有し、成層燃焼時には第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方で吸気行程で燃料を噴射し、第一燃料噴射弁は主に吸気行程後半で燃料を噴射する。

図1



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角を有し、前記第二燃料噴射弁は、前記第一噴射俯角より小さな第二噴射俯角を有し、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項2】 均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半で燃料を噴射することを特徴とする請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項3】 均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合には、前記第二燃料噴射弁だけを使用して吸気行程で燃料を噴射することを特徴とする請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項4】 気筒上部略中心に配置された第一点火プラグに加えて気筒上部の前記第二燃料噴射弁の対向側に配置された第二点火プラグを具備し、均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合には、前記第二点火プラグを使用して点火を実施することを特徴とする請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項5】 平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に互いに略横方向隣接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁から噴射される第一燃料噴霧と前記第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧とは、同時噴射に際して、互いに重複する重複部分が形成され、前記重複部分は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ侵入するようになっており、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に同時に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射することを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項6】 平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に近接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とするものであり、前記第二燃料噴射弁は、前記第一燃料噴射弁との同時噴射に際して、平面視において前記第一燃料噴射弁からの燃料噴霧に近接させて燃

料を噴射するものであり、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項7】 均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半に燃料を噴射することを特徴とする請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項8】 成層燃焼時には前記第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程末期から膨張行程の間に燃料を噴射することを特徴とする請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

**【発明の詳細な説明】**

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、筒内噴射式火花点火内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術】気筒内へ直接的に燃料を噴射する燃料噴射弁を具備する筒内噴射式火花点火内燃機関は、圧縮行程後半にピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することにより、燃料をキャビティに沿わせて点火プラグ近傍へ導き、点火時点において、着火性の良好な可燃混合気を点火プラグ近傍だけに形成し、気筒内全体としてはリーンな混合気を燃焼可能とする成層燃焼を実現するためのものである。

【0003】このような成層燃焼では必要量の燃料を圧縮行程後半に噴射しなければならないために、気化時間を考慮した燃料噴射時間は比較的短いものとなる。それにより、一般的な筒内噴射式火花点火内燃機関では、特に必要燃料が多量となる場合には、成層燃焼を断念し、吸気行程に燃料を噴射して点火までに気筒内に均質混合気を形成する均質燃焼を実施するようになっている。

【0004】しかしながら、圧縮行程後半においてキャビティ内へ燃料を噴射するための燃料噴射弁によって吸気行程で燃料を噴射する場合には、噴射燃料が多量であるために、吸気行程初期から燃料を噴射しなければならず、噴射前半の燃料がキャビティ内に集中してキャビティ内に濃厚な混合気を形成する。この混合気は、その後においても分散し難く、点火時期となってもキャビティ内に留まる。また、噴射後半の燃料は、ピストンの下降に伴ってキャビティ内には侵入し難くなるが、キャビティ内に噴射されることを意図した噴霧形状では、気筒内全体に分布させることは難しい。こうして、成層燃焼に適した単一の燃料噴射弁では、均質燃焼時に気筒内に良好な均質混合気を形成することは困難である。

【0005】特開平4-187815号公報には、圧縮行程後半においてキャビティ内へ燃料を噴射するための

第一燃料噴射弁と、ピストン頂面へ向けて燃料を円錐状に噴射する第二燃料噴射弁とを具備する筒内噴射式火花点火内燃機関が開示されている。この筒内噴射式火花点火内燃機関は、機関高負荷時において、第二燃料噴射弁により吸気行程燃料噴射が実施されるようになってい

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】前述の従来技術において、第二燃料噴射弁によって吸気行程で多量の燃料を噴射するためには、やはり、吸気行程初期から燃料噴射を開始することとなる。噴射後半の燃料は、ピストンの下降に伴って形成される比較的大きな気筒内空間に十分に広がった円錐形状に噴射されるために、比較的良好に気筒内全体に分布させることができる。しかしながら、噴射前半の燃料は、広がる以前の円錐形状によってピストン頂面の一部に集中して付着し、この部分に比較的高濃度の混合気を形成する。この混合気は、キャピティ内に形成されたものほどではないとしても、点火時点において気筒内全体に十分に分散せず、こうして、吸気行程燃料噴射のための燃料噴射弁を単に追加しても、特に、噴射燃料が多量となる時には、噴射全量の燃料を使用した良好な均質混合気を形成することは困難である。

【0007】従って、本発明の目的は、圧縮行程燃料噴射の成層燃焼と、吸気行程燃料噴射の均質燃焼とを実施可能な筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要な場合にも良好な均質混合気の形成を可能とすることである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、先抜き形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャピティ内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射角を有し、前記第二燃料噴射弁は、前記第一噴射角より小さな第二噴射角を有し、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする。

【0009】また、本発明による請求項2に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半で燃料を噴射することを特徴とする。

【0010】また、本発明による請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時にそれほど多

量の燃料が必要とされない場合には、前記第二燃料噴射弁だけを使用して吸気行程で燃料を噴射することを特徴とする。

【0011】また、本発明による請求項4に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、気筒上部略中心に配置された第一点火プラグに加えて気筒上部の前記第二燃料噴射弁の対向側に配置された第二点火プラグを具備し、均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合には、前記第二点火プラグを使用して点火を実施することを特徴とする。

【0012】また、本発明による請求項5に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先抜き形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に互いに略横方向隣接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁から噴射される第一燃料噴霧と前記第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧とは、同時噴射に際して、互いに重複する重複部分が形成され、前記重複部分は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャピティ内へ侵入するようになっており、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に同時に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射することを特徴とする。

【0013】また、本発明による請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先抜き形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に近接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャピティ内へ燃料を噴射することを可能とするものであり、前記第二燃料噴射弁は、前記第一燃料噴射弁との同時噴射に際して、平面視において前記第一燃料噴射弁からの燃料噴霧に近接させて燃料を噴射するものであり、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする。

【0014】また、本発明による請求項7に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半に燃料を噴射することを特徴とする。

【0015】また、本発明による請求項8に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、成層燃焼時には前記第二

燃料噴射弁を使用して圧縮行程末期から膨張行程の間に燃料を噴射することを特徴とする。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】図1は、本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第一実施形態を示す概略縦断面図である。図2はピストン頂面の平面図である。これらの図において、1は吸気ポート、2は排気ポートである。吸気ポート1は吸気弁3を介して、排気ポート2は排気弁4を介して、それぞれ気筒内へ通じている。5はピストンであり、61は気筒上部略中心に配置された第一点火プラグである。71及び72は、気筒上部周囲から気筒内へ直接的に燃料を噴射する第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁である。第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72は、燃料のペーパーを防止するために、燃焼室内において吸気流により比較的低温度となる吸気ポート1側に配置されている。しかしながら、第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72を上下に近接して吸気ポート側に配置しなくても良いことは以下の記述から明らかであり、二つの燃料噴射弁は、それぞれに、気筒上部のいずれの位置に配置しても良い。

【0017】また、62は気筒上部周囲の第二燃料噴射弁72の対向側、すなわち、排気ポート2側に配置された第二点火プラグである。図1及び2に示すように、第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72は、例えば、スリット状の噴孔を有して燃料を厚さの薄い扇状に噴射するように、燃料を先拡がり形状燃料噴霧として噴射するものである。

【0018】成層燃焼を実施するためには、図1及び2に実線で示すように、圧縮行程後半において第一燃料噴射弁71から燃料Aをピストン5の頂面に形成されたキャビティ8内へ噴射する。キャビティ8は、第一点火プラグ61がキャビティ8の内側を臨むようにして、ピストン5頂面において第一燃料噴射弁71側へ偏在しており、噴射された燃料が衝突する底壁8aと、第一燃料噴射弁71に対向する対向側壁8bとを有している。燃料噴射弁71から噴射された直後の燃料は液状であるが、キャビティ8の底壁8aに沿って進行して、キャビティ8の対向側壁8bによって成層燃焼時に着火を担当する第一点火プラグ61近傍へ導かれるまでに徐々に気化する。

【0019】厚さの薄い扇状の燃料噴霧は、キャビティ8の底壁8aに沿って進行する際に幅方向に拡がるために、キャビティ8の底壁8aの広範囲部分から良好に熱を吸収して容易に気化することができる。キャビティ8の対向側壁8bは、平面視において略円弧形状を有しているために、幅方向における燃料の中央部分は、底壁8a上を進行する速度ベクトルが対向側壁8bによって上方向の速度ベクトルへ変換される。また、幅方向における燃料の両側部分は、対向側壁8bに対してそれぞれ鋭角度に衝突することとなり、底壁8a上を進行する速度

ベクトルが対向側壁8bによって上方向の速度ベクトルと中央方向の速度ベクトルとの合成速度ベクトルに変換される。キャビティ8の対向側壁8bには、燃料各部分をキャビティ8の内側方向に偏向する返し部8cが設けられ、こうして対向側壁8bによって前述のように偏向された燃料各部分を、最終的に、返し部8cによって第一点火プラグ6近傍に向かわせることが可能となる。

【0020】こうして、扇状の燃料噴霧を使用することで、圧縮行程後半に比較的多量の燃料も気化させて点火プラグ近傍に導くことができ、燃費効率の高い成層燃焼領域を、他の一般的な燃料噴霧（例えば、円錐状燃料噴霧）を使用する場合に比較して高負荷側に拡大させることが可能となる。しかしながら、機関負荷の上昇に伴って必要燃料が所定量を越えると、圧縮行程後半での燃料噴射が時間的に困難となり、成層燃焼を断念して、吸気行程で燃料を噴射して点火時点において気筒内に均質混合気を形成する均質燃焼を実施するようになっている。

【0021】均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合において、本実施形態では、図3に示すように、主に吸気行程前半に第二燃料噴射弁72によって必要量の略半分の燃料Bを噴射し、主に吸気行程後半に第一燃料噴射弁71によって残り略半分の燃料Aを噴射するようになっている。必要量の燃料が多量であっても、第一燃料噴射弁71による噴射量は略半分に減少させられるために、吸気行程後半での燃料噴射は可能である。第一燃料噴射弁71は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ8内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角TH1を有し、第二燃料噴射弁72は、第一噴射俯角TH1より小さな第二噴射俯角TH2を有している。

【0022】また、第一燃料噴射弁71から噴射される扇状の燃料噴霧Aは、図2に実線で示すように、圧縮行程後半のピストン位置において確実にキャビティ8内へ侵入することが必要であると共に、キャビティ8の底壁8a上で過剰に幅方向に拡がると、底壁8a上で燃料が分散し過ぎて、第一点火プラグ61近傍に形成される混合気が希薄となって良好な着火が保証されないために、噴霧夹角TH3をそれほど大きくすることはできない。これに対して、第二燃料噴射弁7から噴射される扇状の燃料噴霧Bは、図2に一点鎖線で示すように、平面視において、気筒内に広く分布するような十分に大きな噴霧夹角TH4を有している。

【0023】第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72から噴射された先拡がりの燃料噴霧は、飛行中に気筒内空気と十分に接触して微粒化及び気化して急激に貫徹力を失う。それにより、第二燃料噴射弁72から主に吸気行程前半に噴射される燃料は、図3に示すように、ピストン頂面及びシリンダボアに到達する以前に気化して、気筒内空間上部に平面視において広範囲に分布させることが可能である。また、第一燃料噴射弁71から主

に吸気行程後半に噴射される燃料も、図4に示すように、ピストン5が十分に降下しているために、ピストン頂面に到達する以前に気化して、気筒内空間下部に平面視において比較的広範囲に分布し、キャビティ8内及びピストン頂面に濃厚な混合気を形成することはない。こうして、気筒内空間上部及び下部に気化燃料を分散させるだけでなく、それぞれの部位に平面視において気化燃料を広く分布させることができるために、圧縮行程におけるピストン上昇に伴って、点火時点において全ての噴射燃料を使用する良好な均質混合気を形成することが可能となる。

【0024】本実施形態において、第一燃料噴射弁71から噴射される燃料量及び第二燃料噴射弁72から噴射される燃料量をそれぞれ必要燃料量の略半分としたが、もちろん、互いに異ならせることも可能であり、特に、第一燃料噴射弁71から噴射される燃料量を少なくすることにより、噴射燃料の気化を容易にしてピストン頂面及びキャビティ8内への液状燃料の付着をさらに確実に防止することができる。また、第二燃料噴射弁72での燃料噴射は、吸気行程前半に限定されることはなく、第一燃料噴射弁71での燃料噴射と同時に主に吸気行程後半に実施しても良い。それにより、第二燃料噴射弁72からの噴射燃料の気筒内空気との混合では時間的に不利となるが、噴射燃料のピストン頂面への付着をさらに確実に防止することができる。

【0025】本実施形態では、気筒上部略中心に配置された第一点火プラグ61に加えて、気筒上部周囲の第二燃料噴射弁72の対向側に配置された第二点火プラグ62を有するために、こうして形成された良好な均質混合気を二点で着火させることが可能であり、それにより、燃焼速度を速めて良好な均質燃焼を実現することができる。

【0026】このようにして、均質燃焼時に特に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72によって必要量の燃料を二分割して噴射するようになっている。もちろん、均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合にも、二つの燃料噴射弁71、72によって燃料を噴射することも可能である。しかしながら、第二燃料噴射弁72だけを使用して吸気行程で燃料を噴射するようにしても良い。この場合においては、第二燃料噴射弁72の燃料噴射量は、多量の燃料を二分割した時に比較して多くなる。それにより、噴射燃料の飛行中における微粒化及び気化の時間が延長して、気筒内空間上部における第二燃料噴射弁72の対向側部分に気化燃料が若干集中し易くなる。

【0027】こうして、点火時点において、気筒内の第二燃料噴射弁72の対向側に均質混合気が偏在し易く、気筒上部略中心に位置する第一点火プラグ61では、均質混合気の周囲部に着火することとなって燃焼速度が遅くなる可能性がある。本実施形態では、この場合におい

て、気筒上部周囲の第二燃料噴射弁72の対向側に配置された第二点火プラグ62によって均質混合気の中央部を着火することが可能であり、このような問題が発生することはない。

【0028】図5は、本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第二実施形態を示す概略縦断面図である。図6はピストン頂面の平面図である。本実施形態と前述の第一実施形態との違いについてのみ以下に説明する。本実施形態では、第一燃料噴射弁71'と第二燃料噴射弁72'とが、気筒上部に互いに略横方向隣接配置されている。また、気筒上部略中心だけに単一の点火プラグ6が配置されている。

【0029】第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'は、第一実施形態と同様に、例えば、スリット状の噴孔を有して燃料を厚さの薄い扇状に噴射するように、燃料を先拡がり形状燃料噴霧として噴射するものである。また、図5及び6に示すように、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'は、それぞれに、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とするように、第一実施形態の第一燃料噴射弁71と同様な噴射俯角TH1を有している。また、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'のそれぞれの噴霧夾角TH5は、第一実施形態の第一燃料噴射弁71の噴霧夾角TH3より大きくされているが、図2に斜線で示すように、第一燃料噴射弁71'から噴射される第一燃料噴霧A'と第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧B'とは、同時噴射において、キャビティ8の底壁8aへの衝突後において互いに重複する重複部分が形成される。もちろん、キャビティ8の底壁8aへの衝突以前から互いに重複するようにしても良い。

【0030】本実施形態において、成層燃焼時には、圧縮行程後半において第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'の両方から燃料が噴射される。それぞれの燃料噴霧は、噴霧夾角TH5が比較的大きく、キャビティ8の底壁8a上で幅方向に大きく拡がって燃料は分散過剰となるが、重複すれば燃料の分散程度は二分の一となって分散過剰とはならず、この重複部分が点火プラグ6近傍に可燃混合気の形成を可能とする。こうして、良好な成層燃焼を実現することができる。

【0031】本実施形態では、成層燃焼時において二つの燃料噴射弁71'及び72'によって同時に燃料を噴射するために、圧縮行程後半の比較的短い時間で噴射可能な燃料噴射量を増大させることができ、燃費効率の高い成層燃焼の領域をさらに高負荷側へ拡大することができる。

【0032】しかしながら、必要燃料が多量となる時には、依然として均質燃焼が実施され、この時には、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射するようになって

いる。第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'のそれぞれの燃料噴射量は、多量な必要燃料の略半分となるために、吸気行程後半での燃料噴射は可能である。

【0033】こうして、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'から噴射された先拡がりの燃料噴霧は、飛行中に気筒内空気と十分に接触して微粒化及び気化して急激に貫徹力を失う。それぞれの燃料噴霧は、前述したように、比較的大きな噴霧夾角TH5を有しており、二つの燃料噴霧は、吸気行程後半において形成される大きな気筒内空間へ平面視において非常に広範囲に燃料を分布させることができる。吸気行程後半では、ピストン5が十分に降下しており、それぞれの燃料噴霧の液状燃料がピストン頂面及びキャピティ8内へ付着することはない。こうして、圧縮行程におけるピストン上昇に伴って、点火時点において全ての噴射燃料を使用する良好な均質混合気を形成することが可能となる。

【0034】図7は、本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第三実施形態を示すピストン頂面の平面図である。本実施形態の概略縦断面は、図1に示す第一実施形態と同様である。本実施形態と第一実施形態との違いについてののみ以下に説明する。本実施形態において、第一燃料噴射弁71"は、噴射俯角及び噴射夾角を含めて第一実施形態の第一燃料噴射弁71と同様なものであり、前述同様に成層燃焼を実施する。また、気筒上部略中心だけに単一の点火プラグ6が配置されている。

【0035】第二燃料噴射弁72'は、第一実施形態の第二燃料噴射弁72と同じ噴射俯角を有しているが、単一の扇形状に燃料を噴射するものではなく、二つのスリット状噴孔を有して、図7に一点鎖線で示すように、第一燃料噴射弁72"との同時噴射において、飛行中の第一燃料噴射弁72"の燃料噴霧A"の両側に平面視において接するように、それぞれが噴霧夾角TH6を有する二つの厚さの薄い扇状に燃料B"を噴射するものである。こうして、本実施形態では、第一燃料噴射弁71"及び第二燃料噴射弁72"の位置は、気筒上部周囲の吸気ポート側に限定されることはないが、互いに近接させる必要がある。

【0036】本実施形態において、必要燃料が多量となる時には均質燃焼が実施され、この時には、第一燃料噴射弁71"及び第二燃料噴射弁72"の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射するようになっている。第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'のそれぞれの燃料噴射量は、多量な必要燃料の略半分となるために、吸気行程後半での燃料噴射は可能である。

【0037】こうして、第一燃料噴射弁71"及び第二燃料噴射弁72"から噴射された先拡がりの燃料噴霧は、飛行中に気筒内空気と十分に接触して微粒化及び気化して急激に貫徹力を失う。二つの燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧は、平面視において、全体的に大きな噴霧夾角(TH3+TH6+TH6)を有し、吸気行程後

半において形成される大きな気筒内空間へ平面視において非常に広範囲に燃料を分布させることができる。吸気行程後半では、ピストン5が十分に降下しており、それぞれの燃料噴霧の液状燃料がピストン頂面及びキャピティ8内へ付着することはない。こうして、圧縮行程におけるピストン上昇に伴って、点火時点において全ての噴射燃料を使用する良好な均質混合気を形成することが可能となる。

【0038】もちろん、第二燃料噴射弁72"による燃料噴射は、噴射終了から点火までの混合時間を延長するために、吸気行程前半に噴射するようにしても良い。また、第二燃料噴射弁72"は、第一燃料噴射弁71"と同時に圧縮行程後半に燃料を噴射する場合には、噴射俯角を第一燃料噴射弁71"と同様に大きくすることも可能である。

【0039】本実施形態において、第二燃料噴射弁72"の燃料噴霧は、第一燃料噴射弁71"の燃料噴霧の両側に平面視において接するようにして、全ての燃料を平面視において気筒内の広範囲に分布させるようにしたが、もちろん、第二燃料噴射弁72"の燃料噴霧を、平面視において第一燃料噴射弁71"の燃料噴霧の両側から多少離間させても、また、部分的に重複させても十分に良好な均質混合気を形成することができる。さらに、第二燃料噴射弁72"の燃料噴霧を一つの扇状燃料噴霧として、第一燃料噴射弁71"の燃料噴霧の片側だけに近接させても、平面視において燃料を気筒内の比較的大範囲に分布させることができ、従来に比較して良好な均質混合気を形成することができる。

【0040】ところで、前述したように、成層燃焼時においてキャピティ8の底壁8a上を進行する燃料は、キャピティ8の円弧形状の対向側壁によって、理論的には、点火プラグ6近傍に集合することとなる。しかしながら、実際には、燃料の両側部分が良好に点火プラグ6近傍に集合せずに点火プラグ6を中心とした葉巻形状の混合気となり易い。この葉巻形状の混合気の間端部分は希薄であり、中央部分が良好に燃焼しても両側部分は燃焼せずに未燃燃料として排出されることがある。この時に、もし、機関始動直後で触媒コンバータが不活性であれば、この未燃燃料は浄化されずに大気中に放出されることとなる。

【0041】本実施形態では、特に、触媒コンバータの不活性時において、膨張行程で第二燃料噴射弁72"から僅かな燃料を噴射するようになっており、それにより、葉巻形状の混合気の間端部分へさらなる燃料が供給され、両側部分を確実に燃焼させることができる。こうして、気筒からの未燃燃料の排出量が低減されると共に、このような膨張行程での燃焼によって排気ガス温度を上昇させることができ、触媒コンバータを早期に活性化させることができる。

【0042】もちろん、この膨張行程での燃焼は、機関

出力の増加に貢献するために、触媒コンバータが活性化している時にも膨張行程での第二燃料噴射弁72”の燃料噴射は有効である。さらに、圧縮行程末期に第二燃料噴射弁72”から僅かな燃料を噴射すれば、葉巻形状の混合気の両側部分を点火時点において燃焼可能な濃度に行うことができ、良好な成層燃焼を実現することができる。

【0043】前述した全ての実施形態において、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁は、扇状燃料噴霧として燃料を噴射するものとしたが、例えば、円錐形状等の先拡がり燃料噴霧として燃料を噴射するものであれば、均質燃焼時において、気筒内に平面視において比較的広く燃料を分布させることができ、良好な均質混合気を形成可能となる。また、第一実施形態及び第三実施形態の第一燃料噴射弁と、第二実施形態の第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁とから噴射される燃料は、成層燃焼時にキャピティ8を沿って点火プラグ近傍へ集合するための比較的強い貫徹力を有していなければならない。しかしながら、第一実施形態及び第三実施形態の第二燃料噴射弁から噴射される燃料は、このような貫徹力が小さいほうが好ましく、例えば、燃料に旋回力を付与して小さな貫徹力で噴射するスワール式噴射弁等を使用することも効果的である。

#### 【0044】

【発明の効果】このように、本発明による第一の筒内噴射式火花点火内燃機関は、先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャピティ内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角を有し、第二燃料噴射弁は、第一噴射俯角より小さな第二噴射俯角を有し、成層燃焼時には第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射するために、それぞれの燃料噴射量が少なくなり、第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射するようになっている。それにより、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁から噴射される燃料は、ピストン頂面及びキャピティ内へ付着する以前に気化して気筒内空間の下部に平面視において比較的広く分布し、第二燃料噴射弁から噴射される燃料は、ピストン頂面及びシリンダボアに付着する以前に気化して気筒内空間の上部に平面視において比較的広く分布するために、点火時点においては、気筒内に良好な均質混合気を形成することができる。

【0045】また、本発明による第二の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に互いに略横方向隣接配置された第一燃料噴射弁及び第

二燃料噴射弁を具備し、第一燃料噴射弁から噴射される第一燃料噴霧と第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧とは、同時噴射に際して、互いに重複する重複部分が形成され、この重複部分は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャピティ内へ侵入するようになっており、成層燃焼時には第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に同時に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射するようになっている。それにより、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合に、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁からの燃料噴霧の平面視における噴射夾角を比較的大きくして気筒内の広範囲に燃料を分布させて良好な均質混合気を形成することができ、また、それぞれの燃料噴霧の噴射夾角が大きくなって、成層燃焼時にそれぞれの燃料噴霧がキャピティ内で過剰に分散しても、二つの燃料噴霧の重複部分が過剰分散を半減させ、点火プラグ近傍に確実に可燃混合気を形成することができ、成層燃焼が犠牲となることはない。

【0046】また、本発明による第三の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に近接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャピティ内へ燃料を噴射することを可能とするものであり、第二燃料噴射弁は、第一燃料噴射弁との同時噴射に際して、平面視において第一燃料噴射弁からの燃料噴霧に近接させて燃料を噴射するものであり、成層燃焼時には第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射するようになっている。それにより、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁から噴射される燃料は、ピストン頂面及びキャピティ内へ付着する以前に気化して気筒内空間の平面視において広く分布するために、点火時点においては、気筒内に良好な均質混合気を形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第一実施形態を示す概略縦断面図である。

【図2】図1の筒内噴射式火花点火内燃機関のピストン頂面の平面図である。

【図3】図1の筒内噴射式火花点火内燃機関の吸気行程前半の燃料噴射を示す概略縦断面図である。

【図4】図1の筒内噴射式火花点火内燃機関の吸気行程後半の燃料噴射を示す概略縦断面図である。

【図5】本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第

二実施形態を示す概略縦断面図である。

【図6】図5の筒内噴射式火花点火内燃機関のピストン頂面の平面図である。

【図7】本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第三実施形態を示すピストン頂面の平面図である。

【符号の説明】

- 1…吸気ポート
- 2…排気ポート
- 3…吸気弁
- 4…排気弁

5…ピストン

6…点火プラグ

61…第一点火プラグ

62…第二点火プラグ

71, 71', 72"…第一燃料噴射弁

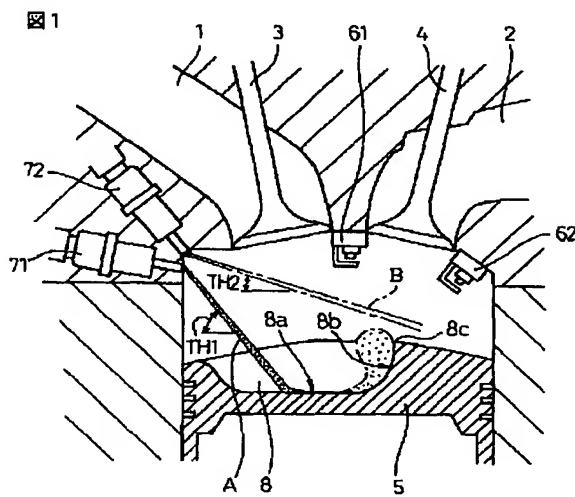
72, 72', 72"…第二燃料噴射弁

8…キャビティ

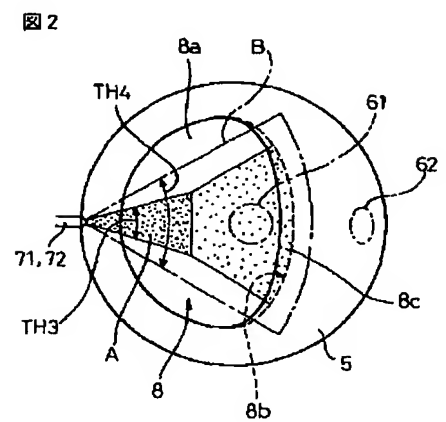
8a…底壁

8b…対向側壁

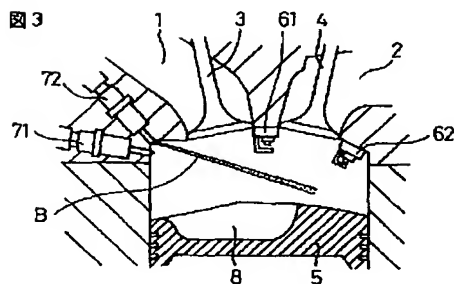
【図1】



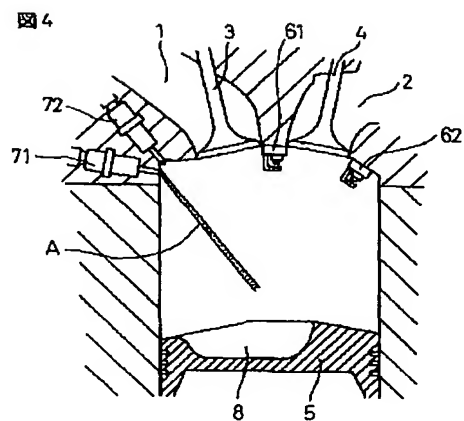
【図2】



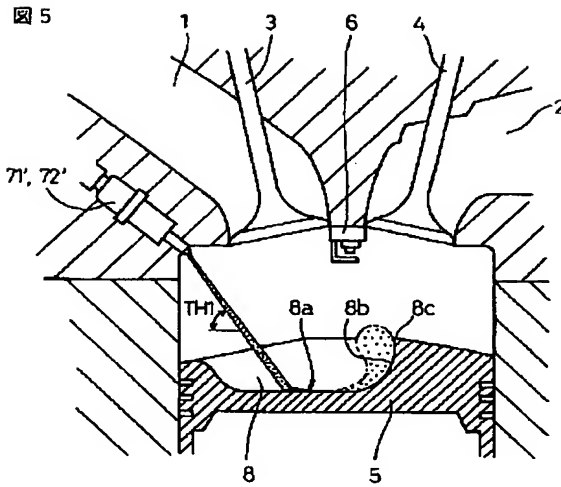
【図3】



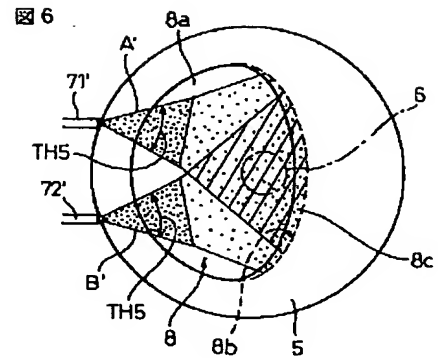
【図4】



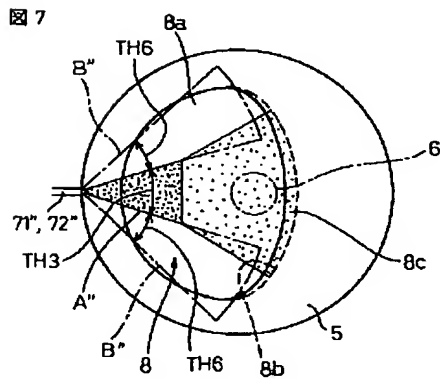
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F 0 2 P 15/08

識別記号

3 0 1

3 0 2

F I

F 0 2 P 15/08

テーマコード(参考)

3 0 1 E

3 0 2 A

(72)発明者 植田 貴宣

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 野村 啓

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 浅沼 孝充

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G019 AA08 AA09 AB03 BB14 KA12  
KA15

3G023 AA01 AB02 AB03 AC05 AD02

AD03 AD09 AD12 AE05 AG01

3G301 HA01 HA04 HA16 LB04 MA18

List and Copies of Prior Art

(Re:Japanese Patent Application No. 2002-196652 (2002))

Prior Publications

1.\* Japanese Patent Laid-Open Publication No. 2001-214744 (2001)

\* two copies are enclosed

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-214744

(43)Date of publication of application : 10.08.2001

(51)Int.Cl.

F02B 23/10

F02D 41/02

F02D 41/34

F02P 15/08

(21)Application number : 2000-032689

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 03.02.2000

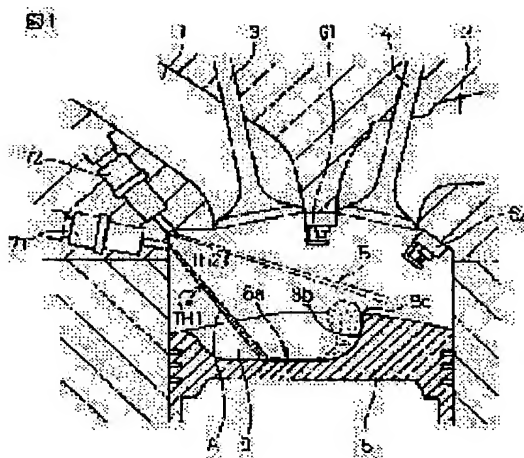
(72)Inventor : KAWACHI MASATO  
OKUMURA TAKESHI  
UEDA TAKANOBU  
NOMURA HIROSHI  
ASANUMA TAKAMITSU

### (54) CYLINDER INJECTION TYPE SPARK IGNITION INTERNAL COMBUSTION ENGINE

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form a satisfactorily homogeneous air-fuel mixture even when a large quantity of fuel required in homogeneous combustion in a cylinder injection type spark ignition internal combustion engine capable of executing stratified combustion of compression stroke fuel injection and homogeneous combustion of suction stroke fuel injection.

**SOLUTION:** This internal combustion engine comprises a first fuel injection valve 71 and second injection valve 72 arranged on the upper part of a cylinder in order to directly inject fuel into the cylinder as atomized fuel having an extended shape to the tip. The first fuel injection valve has a first injection depression angle TH1 allowing the injection of fuel into a cavity 8 formed on the top surface of a piston in the latter half of compression stroke, and the second fuel injection valve has a second injection depression angle TH2 smaller than the first injection depression angle. The fuel is injected in the latter half of compression stroke by use of the first fuel injection valve in the stratified combustion, the fuel is injected in suction stroke by use of both the first fuel injection valve and the second fuel injection valve when a large quantity of fuel is required in homogeneous combustion, and the first fuel injection valve injects the fuel mainly in the later half of the suction stroke.



#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-214744

(P2001-214744A)

(43) 公開日 平成13年8月10日 (2001.8.10)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
F 0 2 B 23/10		F 0 2 B 23/10	D 3 G 0 1 9
			M 3 G 0 2 3
F 0 2 D 41/02	3 2 5	F 0 2 D 41/02	3 2 5 F 3 G 3 0 1
41/34		41/34	E
			C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-32689 (P2000-32689)

(22) 出願日 平成12年2月3日 (2000.2.3)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 河内 正人

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 奥村 猛

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外2名)

最終頁に続く

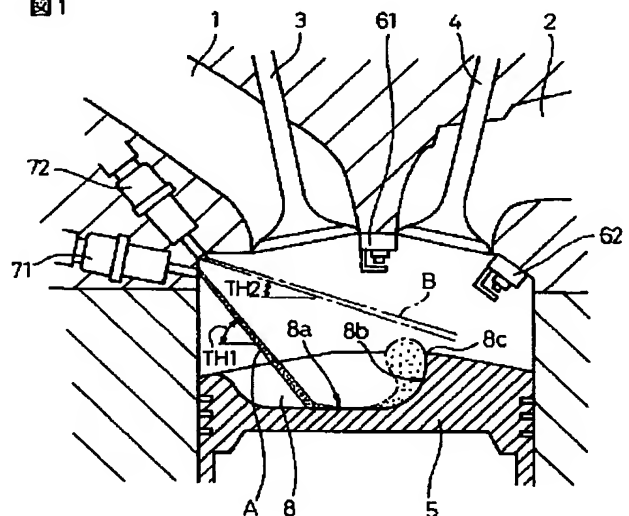
(54) 【発明の名称】 筒内噴射式火花点火内燃機関

(57) 【要約】

【課題】 圧縮行程燃料噴射の成層燃焼と、吸気行程燃料噴射の均質燃焼とを実施可能な筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要な場合にも良好な均質混合気の形成を可能とすることである。

【解決手段】 先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72を具備し、第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ8内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角TH1を有し、第二燃料噴射弁は、第一噴射俯角より小さな第二噴射俯角TH2を有し、成層燃焼時には第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方で吸気行程で燃料を噴射し、第一燃料噴射弁は主に吸気行程後半で燃料を噴射する。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角を有し、前記第二燃料噴射弁は、前記第一噴射俯角より小さな第二噴射俯角を有し、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項2】 均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半で燃料を噴射することを特徴とする請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項3】 均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合には、前記第二燃料噴射弁だけを使用して吸気行程で燃料を噴射することを特徴とする請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項4】 気筒上部略中心に配置された第一点火プラグに加えて気筒上部の前記第二燃料噴射弁の対向側に配置された第二点火プラグを具備し、均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合には、前記第二点火プラグを使用して点火を実施することを特徴とする請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項5】 平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に互いに略横方向隣接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁から噴射される第一燃料噴霧と前記第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧とは、同時噴射に際して、互いに重複する重複部分が形成され、前記重複部分は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ侵入するようになっており、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に同時に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射することを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項6】 平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に近接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とするものであり、前記第二燃料噴射弁は、前記第一燃料噴射弁との同時噴射に際して、平面視において前記第一燃料噴射弁からの燃料噴霧に近接させて燃

料を噴射するものであり、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項7】 均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半に燃料を噴射することを特徴とする請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項8】 成層燃焼時には前記第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程末期から膨張行程の間に燃料を噴射することを特徴とする請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、筒内噴射式火花点火内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術】気筒内へ直接的に燃料を噴射する燃料噴射弁を具備する筒内噴射式火花点火内燃機関は、圧縮行程後半にピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することにより、燃料をキャビティに沿わせて点火プラグ近傍へ導き、点火時点において、着火性の良好な可燃混合気を点火プラグ近傍だけに形成し、気筒内全体としてはリーンな混合気を燃焼可能とする成層燃焼を実現するためのものである。

【0003】このような成層燃焼では必要量の燃料を圧縮行程後半に噴射しなければならないために、気化時間を考慮した燃料噴射時間は比較的短いものとなる。それにより、一般的な筒内噴射式火花点火内燃機関では、特に必要燃料が多量となる場合には、成層燃焼を断念し、吸気行程に燃料を噴射して点火までに気筒内に均質混合気を形成する均質燃焼を実施するようになっている。

【0004】しかしながら、圧縮行程後半においてキャビティ内へ燃料を噴射するための燃料噴射弁によって吸気行程で燃料を噴射する場合には、噴射燃料が多量であるために、吸気行程初期から燃料を噴射しなければならず、噴射前半の燃料がキャビティ内に集中してキャビティ内に濃厚な混合気を形成する。この混合気は、その後においても分散し難く、点火時期となってもキャビティ内に留まる。また、噴射後半の燃料は、ピストンの下降に伴ってキャビティ内には侵入し難くなるが、キャビティ内に噴射されることを意図した噴霧形状では、気筒内全体に分布させることは難しい。こうして、成層燃焼に適した単一の燃料噴射弁では、均質燃焼時に気筒内に良好な均質混合気を形成することは困難である。

【0005】特開平4-187815号公報には、圧縮行程後半においてキャビティ内へ燃料を噴射するための

第一燃料噴射弁と、ピストン頂面へ向けて燃料を円錐状に噴射する第二燃料噴射弁とを具備する筒内噴射式火花点火内燃機関が開示されている。この筒内噴射式火花点火内燃機関は、機関高負荷時において、第二燃料噴射弁により吸気行程燃料噴射が実施されるようになっている。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】前述の従来技術において、第二燃料噴射弁によって吸気行程で多量の燃料を噴射するためには、やはり、吸気行程初期から燃料噴射を開始することとなる。噴射後半の燃料は、ピストンの下降に伴って形成される比較的大きな気筒内空間に十分に広がった円錐形状に噴射されるために、比較的良好に気筒内全体に分布させることができる。しかしながら、噴射前半の燃料は、広がる以前の円錐形状によってピストン頂面の一部に集中して付着し、この部分に比較的高濃度の混合気を形成する。この混合気は、キャビティ内に形成されたものほどではないとしても、点火時点において気筒内全体に十分に分散せず、こうして、吸気行程燃料噴射のための燃料噴射弁を単に追加しても、特に、噴射燃料が多量となる時には、噴射全量の燃料を使用した良好な均質混合気を形成することは困難である。

【0007】従って、本発明の目的は、圧縮行程燃料噴射の成層燃焼と、吸気行程燃料噴射の均質燃焼とを実施可能な筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要な場合にも良好な均質混合気の形成を可能とすることである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、先詰め形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射角度を有し、前記第二燃料噴射弁は、前記第一噴射角度より小さな第二噴射角度を有し、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする。

【0009】また、本発明による請求項2に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半で燃料を噴射することを特徴とする。

【0010】また、本発明による請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時にそれほど多

量の燃料が必要とされない場合には、前記第二燃料噴射弁だけを使用して吸気行程で燃料を噴射することを特徴とする。

【0011】また、本発明による請求項4に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、気筒上部略中心に配置された第一点火プラグに加えて気筒上部の前記第二燃料噴射弁の対向側に配置された第二点火プラグを具備し、均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合には、前記第二点火プラグを使用して点火を実施することを特徴とする。

【0012】また、本発明による請求項5に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先詰め形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に互いに略横方向隣接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁から噴射される第一燃料噴霧と前記第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧とは、同時噴射に際して、互いに重複する重複部分が形成され、前記重複部分は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ侵入するようになっており、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に同時に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射することを特徴とする。

【0013】また、本発明による請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先詰め形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に近接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、前記第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とするものであり、前記第二燃料噴射弁は、前記第一燃料噴射弁との同時噴射に際して、平面視において前記第一燃料噴射弁からの燃料噴霧に近接させて燃料を噴射するものであり、成層燃焼時には前記第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第一燃料噴射弁及び前記第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、前記第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射することを特徴とする。

【0014】また、本発明による請求項7に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、前記第二燃料噴射弁は、主に吸気行程前半に燃料を噴射することを特徴とする。

【0015】また、本発明による請求項8に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項6に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、成層燃焼時には前記第二

燃料噴射弁を使用して圧縮行程末期から膨張行程の間に燃料を噴射することを特徴とする。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】図1は、本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第一実施形態を示す概略縦断面図である。図2はピストン頂面の平面図である。これらの図において、1は吸気ポート、2は排気ポートである。吸気ポート1は吸気弁3を介して、排気ポート2は排気弁4を介して、それぞれ気筒内へ通じている。5はピストンであり、61は気筒上部略中心に配置された第一点火プラグである。71及び72は、気筒上部周囲から気筒内へ直接的に燃料を噴射する第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁である。第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72は、燃料のペーパーを防止するために、燃焼室内において吸気流により比較的低温度となる吸気ポート1側に配置されている。しかしながら、第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72を上下に近接して吸気ポート側に配置しなくても良いことは以下の記述から明らかであり、二つの燃料噴射弁は、それぞれに、気筒上部のいずれの位置に配置しても良い。

【0017】また、62は気筒上部周囲の第二燃料噴射弁72の対向側、すなわち、排気ポート2側に配置された第二点火プラグである。図1及び2に示すように、第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72は、例えば、スリット状の噴孔を有して燃料を厚さの薄い扇状に噴射するように、燃料を先拡がり形状燃料噴霧として噴射するものである。

【0018】成層燃焼を実施するためには、図1及び2に実線で示すように、圧縮行程後半において第一燃料噴射弁71から燃料Aをピストン5の頂面に形成されたキャビティ8内へ噴射する。キャビティ8は、第一点火プラグ61がキャビティ8の内側を臨むようにして、ピストン5頂面において第一燃料噴射弁71側へ偏在しており、噴射された燃料が衝突する底壁8aと、第一燃料噴射弁71に対向する対向側壁8bとを有している。燃料噴射弁71から噴射された直後の燃料は液状であるが、キャビティ8の底壁8aに沿って進行して、キャビティ8の対向側壁8bによって成層燃焼時に着火を担当する第一点火プラグ61近傍へ導かれるまでに徐々に気化する。

【0019】厚さの薄い扇状の燃料噴霧は、キャビティ8の底壁8aに沿って進行する際に幅方向に拡がるために、キャビティ8の底壁8aの広範囲部分から良好に熱を吸収して容易に気化することができる。キャビティ8の対向側壁8bは、平面視において略円弧形状を有しているために、幅方向における燃料の中央部分は、底壁8a上を進行する速度ベクトルが対向側壁8bによって上方向の速度ベクトルへ変換される。また、幅方向における燃料の両側部分は、対向側壁8bに対してそれぞれ鋭角度に衝突することとなり、底壁8a上を進行する速度

ベクトルが対向側壁8bによって上方向の速度ベクトルと中央方向の速度ベクトルとの合成速度ベクトルに変換される。キャビティ8の対向側壁8bには、燃料各部分をキャビティ8の内側方向に偏向する返し部8cが設けられ、こうして対向側壁8bによって前述のように偏向された燃料各部分を、最終的に、返し部8cによって第一点火プラグ61近傍に向かわせることが可能となる。

【0020】こうして、扇状の燃料噴霧を使用することで、圧縮行程後半に比較的多量の燃料も気化させて点火プラグ近傍に導くことができ、燃費効率の高い成層燃焼領域を、他の一般的な燃料噴霧（例えば、円錐状燃料噴霧）を使用する場合に比較して高負荷側に拡大させることが可能となる。しかしながら、機関負荷の上昇に伴って必要燃料が所定量を越えると、圧縮行程後半での燃料噴射が時間的に困難となり、成層燃焼を断念して、吸気行程で燃料を噴射して点火時点において気筒内に均質混合気を形成する均質燃焼を実施するようになっている。

【0021】均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合において、本実施形態では、図3に示すように、主に吸気行程前半に第二燃料噴射弁72によって必要量の略半分の燃料Bを噴射し、主に吸気行程後半に第一燃料噴射弁71によって残り略半分の燃料Aを噴射するようになっている。必要量の燃料が多量であっても、第一燃料噴射弁71による噴射量は略半分に減少させられるために、吸気行程後半での燃料噴射は可能である。第一燃料噴射弁71は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ8内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角TH1を有し、第二燃料噴射弁72は、第一噴射俯角TH1より小さな第二噴射俯角TH2を有している。

【0022】また、第一燃料噴射弁71から噴射される扇状の燃料噴霧Aは、図2に実線で示すように、圧縮行程後半のピストン位置において確実にキャビティ8内へ侵入することが必要であると共に、キャビティ8の底壁8a上で過剰に幅方向に拡がると、底壁8a上で燃料が分散し過ぎて、第一点火プラグ61近傍に形成される混合気が希薄となって良好な着火が保証されないために、噴霧夾角TH3をそれほど大きくすることはできない。これに対して、第二燃料噴射弁72から噴射される扇状の燃料噴霧Bは、図2に一点鎖線で示すように、平面視において、気筒内に広く分布するような十分に大きな噴霧夾角TH4を有している。

【0023】第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72から噴射された先拡がりの燃料噴霧は、飛行中に気筒内空気と十分に接触して微粒化及び気化して急激に貫徹力を失う。それにより、第二燃料噴射弁72から主に吸気行程前半に噴射される燃料は、図3に示すように、ピストン頂面及びシリンダボアに到達する以前に気化して、気筒内空間上部に平面視において広範囲に分布させることが可能である。また、第一燃料噴射弁71から主

に吸気行程後半に噴射される燃料も、図4に示すように、ピストン5が十分に降下しているために、ピストン頂面に到達する以前に気化して、気筒内空間下部に平面視において比較的広範囲に分布し、キャピティ8内及びピストン頂面に濃厚な混合気を形成することはない。こうして、気筒内空間上部及び下部に気化燃料を分散させるだけでなく、それぞれの部位に平面視において気化燃料を広く分布させることができるために、圧縮行程におけるピストン上昇に伴って、点火時点において全ての噴射燃料を使用する良好な均質混合気を形成することが可能となる。

【0024】本実施形態において、第一燃料噴射弁71から噴射される燃料量及び第二燃料噴射弁72から噴射される燃料量をそれぞれ必要燃料量の略半分としたが、もちろん、互いに異ならせることも可能であり、特に、第一燃料噴射弁71から噴射される燃料量を少なくすることにより、噴射燃料の気化を容易にしてピストン頂面及びキャピティ8内への液状燃料の付着をさらに確実に防止することができる。また、第二燃料噴射弁72での燃料噴射は、吸気行程前半に限定されることなく、第一燃料噴射弁71での燃料噴射と同時に主に吸気行程後半に実施しても良い。それにより、第二燃料噴射弁72からの噴射燃料の気筒内空気との混合では時間的に不利となるが、噴射燃料のピストン頂面への付着をさらに確実に防止することができる。

【0025】本実施形態では、気筒上部略中心に配置された第一点火プラグ61に加えて、気筒上部周囲の第二燃料噴射弁72の対向側に配置された第二点火プラグ62を有するために、こうして形成された良好な均質混合気を二点で着火させることが可能であり、それにより、燃焼速度を速めて良好な均質燃焼を実現することができる。

【0026】このようにして、均質燃焼時に特に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁71及び第二燃料噴射弁72によって必要量の燃料を二分割して噴射するようになっている。もちろん、均質燃焼時にそれほど多量の燃料が必要とされない場合にも、二つの燃料噴射弁71、72によって燃料を噴射することも可能である。しかしながら、第二燃料噴射弁72だけを使用して吸気行程で燃料を噴射するようにしても良い。この場合においては、第二燃料噴射弁72の燃料噴射量は、多量の燃料を二分割した時に比較して多くなる。それにより、噴射燃料の飛行中における微粒化及び気化の時間が延長して、気筒内空間上部における第二燃料噴射弁72の対向側部分に気化燃料が若干集中し易くなる。

【0027】こうして、点火時点において、気筒内の第二燃料噴射弁72の対向側に均質混合気が偏在し易く、気筒上部略中心に位置する第一点火プラグ61では、均質混合気の周囲部に着火することとなって燃焼速度が遅くなる可能性がある。本実施形態では、この場合におい

て、気筒上部周囲の第二燃料噴射弁72の対向側に配置された第二点火プラグ62によって均質混合気の中央部を着火することが可能であり、このような問題が発生することはない。

【0028】図5は、本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第二実施形態を示す概略縦断面図である。図6はピストン頂面の平面図である。本実施形態と前述の第一実施形態との違いについてのみ以下に説明する。本実施形態では、第一燃料噴射弁71'と第二燃料噴射弁72'とが、気筒上部に互いに略横方向隣接配置されている。また、気筒上部略中心だけに単一の点火プラグ6が配置されている。

【0029】第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'は、第一実施形態と同様に、例えば、スリット状の噴孔を有して燃料を厚さの薄い扇状に噴射するように、燃料を先拡がり形状燃料噴霧として噴射するものである。また、図5及び6に示すように、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'は、それぞれに、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャピティ内へ燃料を噴射することを可能とするように、第一実施形態の第一燃料噴射弁71と同様な噴射俯角 $\theta_1$ を有している。また、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'のそれぞれの噴霧夹角 $\theta_5$ は、第一実施形態の第一燃料噴射弁71の噴霧夹角 $\theta_3$ より大きくされているが、図2に斜線で示すように、第一燃料噴射弁71'から噴射される第一燃料噴霧A'と第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧B'とは、同時噴射において、キャピティ8の底壁8aへの衝突後において互いに重複する重複部分が形成される。もちろん、キャピティ8の底壁8aへの衝突以前から互いに重複するようにしても良い。

【0030】本実施形態において、成層燃焼時には、圧縮行程後半において第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'の両方から燃料が噴射される。それぞれの燃料噴霧は、噴霧夹角 $\theta_5$ が比較的大きく、キャピティ8の底壁8a上で幅方向に大きく拡がって燃料は分散過剰となるが、重複すれば燃料の分散程度は二分の一となって分散過剰とはならず、この重複部分が点火プラグ6近傍に可燃混合気の形成を可能とする。こうして、良好な成層燃焼を実現することができる。

【0031】本実施形態では、成層燃焼時において二つの燃料噴射弁71'及び72'によって同時に燃料を噴射するために、圧縮行程後半の比較的短い時間で噴射可能な燃料噴射量を増大させることができ、燃費効率の高い成層燃焼の領域をさらに高負荷側へ拡大することができる。

【0032】しかしながら、必要燃料が多量となる時には、依然として均質燃焼が実施され、この時には、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射するようになって

いる。第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'のそれぞれの燃料噴射量は、多量な必要燃料の略半分となるために、吸気行程後半での燃料噴射は可能である。

【0033】こうして、第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'から噴射された先拡がりの燃料噴霧は、飛行中に気筒内空気と十分に接触して微粒化及び気化して急激に貫徹力を失う。それぞれの燃料噴霧は、前述したように、比較的大きな噴霧夾角TH5を有しており、二つの燃料噴霧は、吸気行程後半において形成される大きな気筒内空間へ平面視において非常に広範囲に燃料を分布させることができる。吸気行程後半では、ピストン5が十分に降下しており、それぞれの燃料噴霧の液状燃料がピストン頂面及びキャビティ8内へ付着することはない。こうして、圧縮行程におけるピストン上昇に伴って、点火時点において全ての噴射燃料を使用する良好な均質混合気を形成することが可能となる。

【0034】図7は、本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第三実施形態を示すピストン頂面の平面図である。本実施形態の概略縦断面は、図1に示す第一実施形態と同様である。本実施形態と第一実施形態との違いについてののみ以下に説明する。本実施形態において、第一燃料噴射弁71"は、噴射俯角及び噴射夾角を含めて第一実施形態の第一燃料噴射弁71と同様なものであり、前述同様に成層燃焼を実施する。また、気筒上部略中心だけに単一の点火プラグ6が配置されている。

【0035】第二燃料噴射弁72'は、第一実施形態の第二燃料噴射弁72と同じ噴射俯角を有しているが、単一の扇形状に燃料を噴射するものではなく、二つのスリット状噴孔を有して、図7に一点鎖線で示すように、第一燃料噴射弁72"との同時噴射において、飛行中の第一燃料噴射弁72"の燃料噴霧A"の両側に平面視において接するように、それぞれが噴霧夾角TH6を有する二つの厚さの薄い扇状に燃料B"を噴射するものである。こうして、本実施形態では、第一燃料噴射弁71"及び第二燃料噴射弁72"の位置は、気筒上部周囲の吸気ポート側に限定されることはないが、互いに近接させる必要がある。

【0036】本実施形態において、必要燃料が多量となる時には均質燃焼が実施され、この時には、第一燃料噴射弁71"及び第二燃料噴射弁72"の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射するようになっている。第一燃料噴射弁71'及び第二燃料噴射弁72'のそれぞれの燃料噴射量は、多量な必要燃料の略半分となるために、吸気行程後半での燃料噴射は可能である。

【0037】こうして、第一燃料噴射弁71"及び第二燃料噴射弁72"から噴射された先拡がりの燃料噴霧は、飛行中に気筒内空気と十分に接触して微粒化及び気化して急激に貫徹力を失う。二つの燃料噴射弁から噴射される燃料噴霧は、平面視において、全体的に大きな噴霧夾角(TH3+TH6+TH6)を有し、吸気行程後

半において形成される大きな気筒内空間へ平面視において非常に広範囲に燃料を分布させることができる。吸気行程後半では、ピストン5が十分に降下しており、それぞれの燃料噴霧の液状燃料がピストン頂面及びキャビティ8内へ付着することはない。こうして、圧縮行程におけるピストン上昇に伴って、点火時点において全ての噴射燃料を使用する良好な均質混合気を形成することが可能となる。

【0038】もちろん、第二燃料噴射弁72"による燃料噴射は、噴射終了から点火までの混合時間を延長するために、吸気行程前半に噴射するようにしても良い。また、第二燃料噴射弁72"は、第一燃料噴射弁71"と同時に圧縮行程後半に燃料を噴射する場合には、噴射俯角を第一燃料噴射弁71"と同様に大きくすることも可能である。

【0039】本実施形態において、第二燃料噴射弁72"の燃料噴霧は、第一燃料噴射弁71"の燃料噴霧の両側に平面視において接するようにして、全ての燃料を平面視において気筒内の広範囲に分布させるようにしたが、もちろん、第二燃料噴射弁72"の燃料噴霧を、平面視において第一燃料噴射弁71"の燃料噴霧の両側から多少離間させても、また、部分的に重複させても十分に良好な均質混合気を形成することができる。さらに、第二燃料噴射弁72"の燃料噴霧を一つの扇状燃料噴霧として、第一燃料噴射弁71"の燃料噴霧の片側だけに近接させても、平面視において燃料を気筒内の比較的大範囲に分布させることができ、従来に比較して良好な均質混合気を形成することができる。

【0040】ところで、前述したように、成層燃焼時においてキャビティ8の底壁8a上を進行する燃料は、キャビティ8の円弧形状の対向側壁によって、理論的には、点火プラグ6近傍に集合することとなる。しかしながら、実際には、燃料の両側部分が良好に点火プラグ6近傍に集合せずに点火プラグ6を中心とした葉巻形状の混合気となり易い。この葉巻形状の混合気の両端部分は希薄であり、中央部分が良好に燃焼しても両側部分は燃焼せずに未燃燃料として排出されることがある。この時に、もし、機関始動直後で触媒コンバータが不活性であれば、この未燃燃料は浄化されずに大気中に放出されることとなる。

【0041】本実施形態では、特に、触媒コンバータの不活性時において、膨張行程で第二燃料噴射弁72"から僅かな燃料を噴射するようになっており、それにより、葉巻形状の混合気の両側部分へさらなる燃料が供給され、両側部分を確実に燃焼させることができる。こうして、気筒からの未燃燃料の排出量が低減されると共に、このような膨張行程での燃焼によって排気ガス温度を上昇させることができ、触媒コンバータを早期に活性化させることができる。

【0042】もちろん、この膨張行程での燃焼は、機関

出力の増加に貢献するために、触媒コンバータが活性化している時にも膨張行程での第二燃料噴射弁72”の燃料噴射は有効である。さらに、圧縮行程末期に第二燃料噴射弁72”から僅かな燃料を噴射すれば、葉巻形状の混合気の両側部分を点火時点において燃焼可能な濃度にすることができ、良好な成層燃焼を実現することができる。

【0043】前述した全ての実施形態において、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁は、扇状燃料噴霧として燃料を噴射するものとしたが、例えば、円錐形状等の先拡がり燃料噴霧として燃料を噴射するものであれば、均質燃焼時において、気筒内に平面視において比較的広く燃料を分布させることができ、良好な均質混合気を形成可能となる。また、第一実施形態及び第三実施形態の第一燃料噴射弁と、第二実施形態の第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁とから噴射される燃料は、成層燃焼時にキャビティ8を沿って点火プラグ近傍へ集合するための比較的強い貫徹力を有していなければならない。しかしながら、第一実施形態及び第三実施形態の第二燃料噴射弁から噴射される燃料は、このような貫徹力が小さいほうが好ましく、例えば、燃料に旋回力を付与して小さな貫徹力で噴射するスワール式噴射弁等を使用することも効果的である。

#### 【0044】

【発明の効果】このように、本発明による第一の筒内噴射式火花点火内燃機関は、先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とする第一噴射俯角を有し、第二燃料噴射弁は、第一噴射俯角より小さな第二噴射俯角を有し、成層燃焼時には第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射するために、それぞれの燃料噴射量が少なくなり、第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射するようになっている。それにより、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁から噴射される燃料は、ピストン頂面及びキャビティ内へ付着する以前に気化して気筒内空間の下部に平面視において比較的広く分布し、第二燃料噴射弁から噴射される燃料は、ピストン頂面及びシリンダボアに付着する以前に気化して気筒内空間の上部に平面視において比較的広く分布するために、点火時点においては、気筒内に良好な均質混合気を形成することができる。

【0045】また、本発明による第二の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に互いに略横方向隣接配置された第一燃料噴射弁及び第

二燃料噴射弁を具備し、第一燃料噴射弁から噴射される第一燃料噴霧と第二燃料噴射弁から噴射される第二燃料噴霧とは、同時噴射に際して、互いに重複する重複部分が形成され、この重複部分は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ侵入するようになっており、成層燃焼時には第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に同時に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して主に吸気行程後半に燃料を噴射するようになっている。それにより、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合に、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁からの燃料噴霧の平面視における噴射夾角を比較的大きくして気筒内の広範囲に燃料を分布させて良好な均質混合気を形成することができ、また、それぞれの燃料噴霧の噴射夾角が大きくなって、成層燃焼時にそれぞれの燃料噴霧がキャビティ内で過剰に分散しても、二つの燃料噴霧の重複部分が過剰分散を半減させ、点火プラグ近傍に確実に可燃混合気を形成することができ、成層燃焼が犠牲となることはない。

【0046】また、本発明による第三の筒内噴射式火花点火内燃機関は、平面視において先拡がり形状燃料噴霧として気筒内へ直接的に燃料を噴射するために気筒上部に近接配置された第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁を具備し、第一燃料噴射弁は、圧縮行程後半においてピストン頂面に形成されたキャビティ内へ燃料を噴射することを可能とするものであり、第二燃料噴射弁は、第一燃料噴射弁との同時噴射に際して、平面視において第一燃料噴射弁からの燃料噴霧に近接させて燃料を噴射するものであり、成層燃焼時には第一燃料噴射弁を使用して圧縮行程後半に燃料を噴射し、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁の両方を使用して吸気行程で燃料を噴射し、第一燃料噴射弁は、主に吸気行程後半で燃料を噴射するようになっている。それにより、均質燃焼時に多量の燃料が必要とされる場合には、第一燃料噴射弁及び第二燃料噴射弁から噴射される燃料は、ピストン頂面及びキャビティ内へ付着する以前に気化して気筒内空間の平面視において広く分布するために、点火時点においては、気筒内に良好な均質混合気を形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第一実施形態を示す概略縦断面図である。

【図2】図1の筒内噴射式火花点火内燃機関のピストン頂面の平面図である。

【図3】図1の筒内噴射式火花点火内燃機関の吸気行程前半の燃料噴射を示す概略縦断面図である。

【図4】図1の筒内噴射式火花点火内燃機関の吸気行程後半の燃料噴射を示す概略縦断面図である。

【図5】本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第

二実施形態を示す概略縦断面図である。

【図6】図5の筒内噴射式火花点火内燃機関のピストン頂面の平面図である。

【図7】本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の第三実施形態を示すピストン頂面の平面図である。

【符号の説明】

- 1…吸気ポート
- 2…排気ポート
- 3…吸気弁
- 4…排気弁

5…ピストン

6…点火プラグ

61…第一点火プラグ

62…第二点火プラグ

71, 71', 72"…第一燃料噴射弁

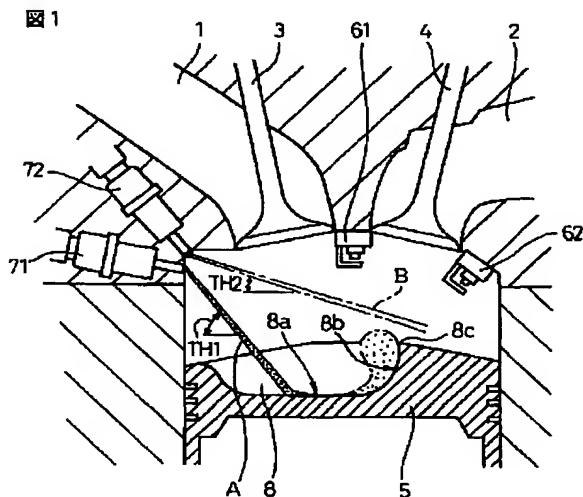
72, 72', 72"…第二燃料噴射弁

8…キャビティ

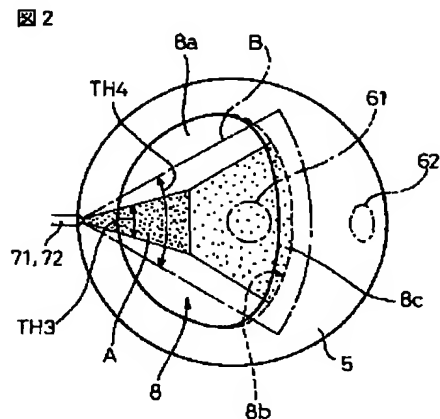
8a…底壁

8b…対向側壁

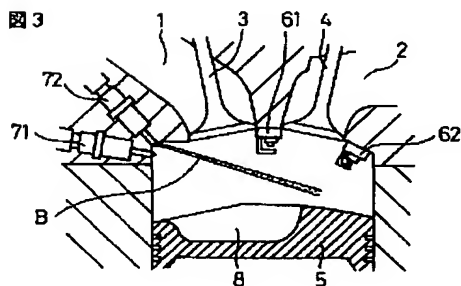
【図1】



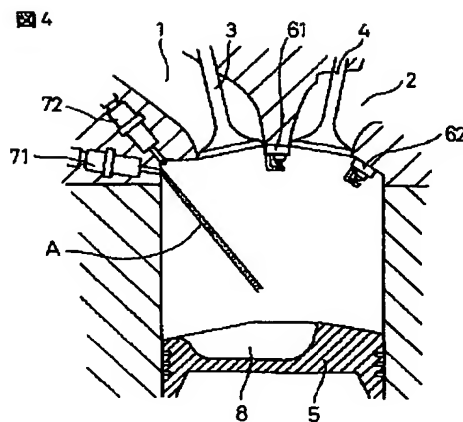
【図2】



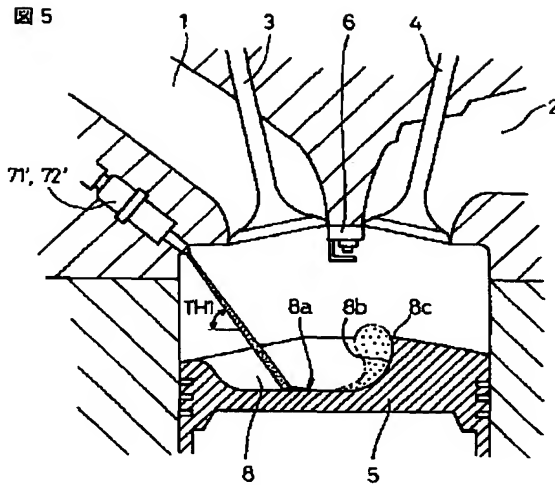
【図3】



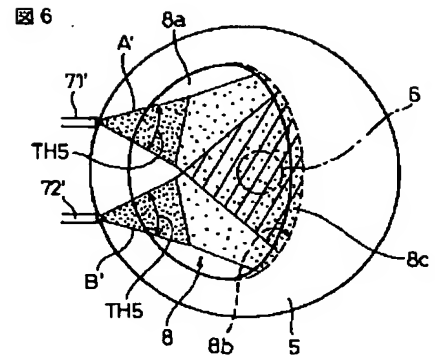
【図4】



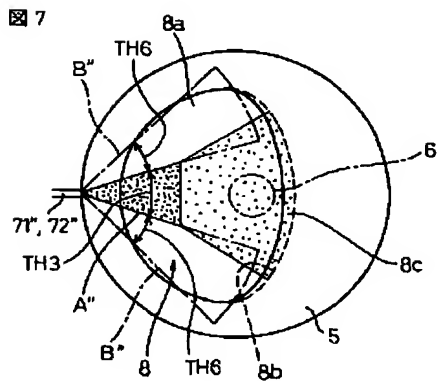
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F 0 2 P 15/08

識別記号

3 0 1

3 0 2

F I

F 0 2 P 15/08

ターマコード (参考)

3 0 1 E

3 0 2 A

(72)発明者 植田 貴宣

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 野村 啓

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 浅沼 孝充

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G019 AA08 AA09 AB03 BB14 KA12

KA15

3G023 AA01 AB02 AB03 AC05 AD02

AD03 AD09 AD12 AE05 AG01

3G301 HA01 HA04 HA16 LB04 MA18